

# Modelo de evolución de línea de costa para playas encajadas, integrando modelos de equilibrio cross-shore y de forma en planta

Jaramillo, Camilo<sup>a</sup>; Jara, M.S.<sup>a</sup>; González, Mauricio<sup>a</sup> y Medina, Raúl<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España [jaramillo@unican.es](mailto:jaramillo@unican.es); [martinezj@unican.es](mailto:martinezj@unican.es); [gonzalere@unican.es](mailto:gonzalere@unican.es) y [medinar@unican.es](mailto:medinar@unican.es).

## 1. Introducción

Ingenieros y científicos costeros han buscado durante mucho tiempo un modelo simplificado y práctico para la predicción del cambio de la línea de costa a lo largo de las costas arenosas, con el fin de aplicarlo en diversos hámbitos, como gestión costera, seguridad pública o conservación del medio natural. Las playas encajadas son unidades fisiográficas en las que su perfil de playa y su forma en planta están confinados lateralmente por contornos impermeables (naturales o artificiales), y el fondo está cubierto principalmente por arena. La influencia de dichos contornos en la hidrodinámica marina resulta en un equilibrio entre la circulación del flujo y la respuesta de la línea de costa; esta interacción se traduce en distintas formas en planta de las playas; comúnmente conocidas en inglés como *curved*, *crenulated*, *embayed*, *hooked*, *pocket* o *headland-bay beaches*.

Por otro lado, la evolución de posición de línea de costa ha sido analizada tradicionalmente mediante modelos robustos, como modelos one-line, modelos multilínea, modelos combinados o modelos 3D; todos ellos requieren extensas series de datos, numerosos parámetros de calibración y además un alto coste computacional. La presente ponencia presenta un modelo de evolución de línea de costa basado en la integración de un modelo cross-shore o de avance/retroceso de la costa y una expresión de forma en planta de equilibrio. Este modelo es aplicable en escalas de tiempo que abarcan días, meses o varios años.

## 2. Modelo de evolución

El modelo de evolución propuesto se basa en dos hipótesis principales, a saber: 1) el perfil y la forma en planta de la playa tienden a una forma de equilibrio; y 2) el perfil y la forma en planta de la playa están vinculados, de tal modo que cualquier variación en la posición de la línea de costa debido a procesos cross-shore afectará la forma en planta de la playa y viceversa. El modelo propuesto considera un transecto en la sección de la playa más expuesta al oleaje como Perfil de Control (PC) (ver Figura 1), el cual gobierna el desplazamiento hacia adelante y hacia atrás de la costa en la zona recta. Para su definición, el movimiento de traslación (avance/retroceso) se basa en el modelo desarrollado por Yates et al., (2009) aplicado ola a ola en el PC. La posición de la línea de costa resultante de dicho modelo de traslación se utiliza a continuación como condición para obtener el punto de inicio de la forma en planta parabólica de la playa (punto  $P_0$ ), siguiendo la expresión definida por Hsu y Evans (1989).

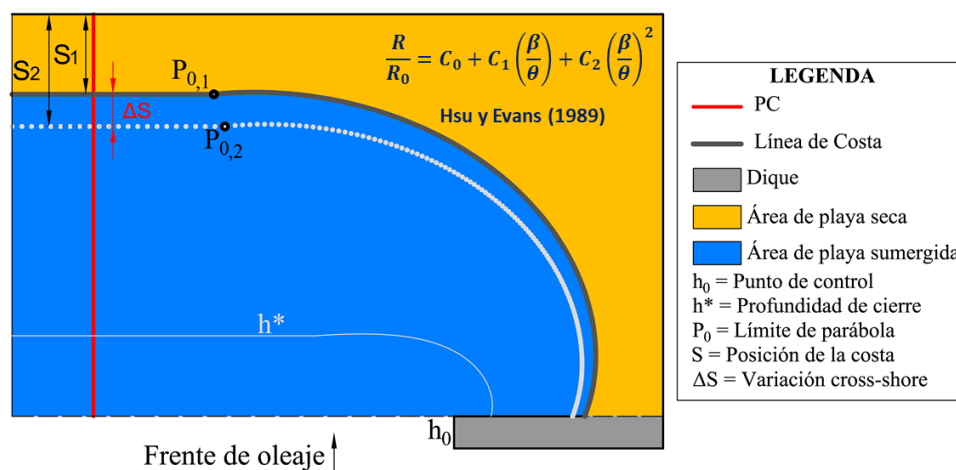


Fig. 1. Esquema del modelo propuesto durante dos instantes; en donde las variables con el subíndice 1 indican la posición inicial de la línea de costa y para la situación futura.

El modelo de evolución utiliza coordenadas polares y cartesianas para calcular la forma curva de la playa encajada. Así entonces, el modelo es de uso exclusivo para playas encajadas con formas en planta parabólicas, y aplicable principalmente a playas gobernadas por movimiento cross-shore.

Por último, cabe resaltar que el modelo pasa de considerar la variabilidad de la línea de costa en una única sección, a evaluar la evolución de la línea de costa de toda la playa.

### 3. Aplicación

El modelo propuesto ha sido calibrado y validado mediante el conjunto de datos de largo plazo (multianual) y alta resolución (mensual) de levantamientos de cinco perfiles a lo largo de la bahía Narrabeen-Collaroy en el sureste de Australia, durante el período tiempo comprendido entre enero de 1993 y diciembre de 1998.

En este caso el perfil PF2 ubicado en el tramo recto de la playa ha sido seleccionado como el perfil de control, para el desplazamiento cross-shore de la costa. En total se han considerado alrededor de 3 km de costa (acotados entre PF1 y PF8) para evaluar el desempeño del modelo. La Figura 2 muestra como resultado la evolución del área de playa seca (respecto a la línea de referencia) obtenida a partir del nuevo modelo, comparado con la evolución del área de playa seca a partir de mediciones. El área de playa seca a partir de mediciones se calculó considerando que la línea de costa se ajusta a un polinomio de grado 4 mediante los levantamientos de los 5 perfiles.

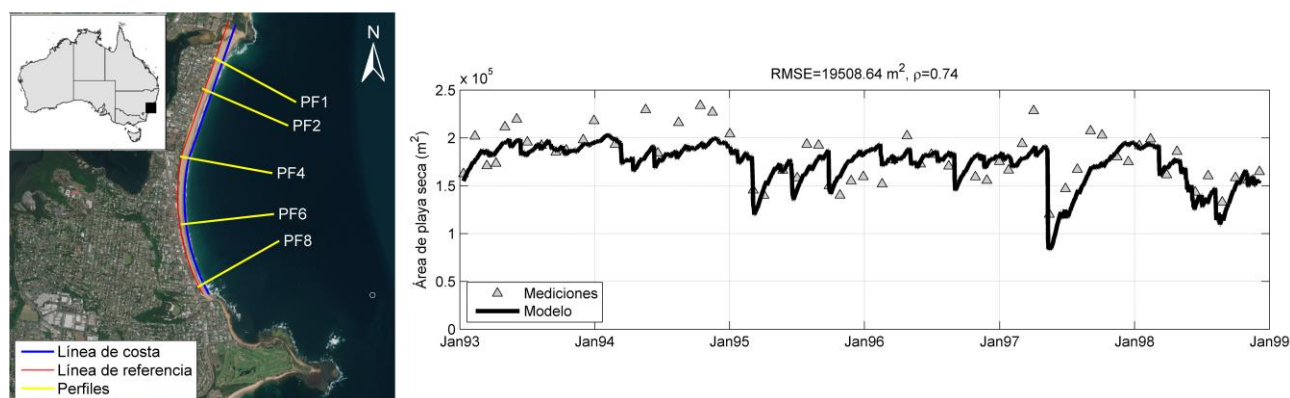


Fig. 2. Localización de la bahía Narrabeen-Collaroy (izquierda) y Evolución del área de playa seca (1993-1998) obtenida utilizando el modelo propuesto (derecha).

El resultado de error cuadrático medio, RMSE, es cercano al 12% en comparación con el área de playa seca promedio. Teniendo en cuenta la longitud de la playa monitoreada, el error promedio sería de unos 7 m a lo largo de la costa. En cuanto al coeficiente de correlación,  $\rho$ , entre el área de playa seca observada y modelada resulta en un valor de 0.74, el cual refleja el buen ajuste del modelo.

Como conclusión, el modelo propuesto ha logrado reproducir con éxito la tendencia general de erosión-acreción de la línea de costa en la bahía Narrabeen-Collaroy, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, durante un período de tiempo gobernado por desplazamiento cross-shore. Es importante señalar que el modelo de evolución propuesto requiere pocos parámetros de calibración y es computacionalmente eficiente y versátil.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Sociedad para el Desarrollo Regional de Cantabria, el grupo SODERCAN bajo la subvención ID16-IN-045, Proyecto SMC2020, y el apoyo del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España bajo la subvención BIA2017-89491-R Proyecto Beach-Art.

### Referencias

- Hsu, J. R. C. and Evans, C. (1989) 'Parabolic Bay Shapes and Applications.', *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 87(4), pp. 557–570.
- Yates, M. L., Guza, R. T. and O'Reilly, W. C. (2009) 'Equilibrium shoreline response: Observations and modeling', *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(9), pp. 1–16.